



La reconstrucción de la Madre Vieja, en el Puerto de Santa María, a través del vuelo de RPAS y los Sistemas de Información Geográfica.

Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles. Curso 2017/2018.

Francisco Javier Catalán González.

LA RECONSTRUCCIÓN DE LA MADRE VIEJA, EN EL PUERTO DE SANTA MARÍA A TRAVÉS DEL VUELO DE RPAS Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

1. Resumen.

En el siguiente trabajo realizaremos una reconstrucción del curso del tramo conocido como “madre vieja” del río Guadalete a través del uso de los Sistemas de Información Geográfica (*S.I.G*). Para ello, hemos querido empezar georreferenciando cartografía histórica donde se aprecia el paleocauce de este río, realizando una breve revisión de su evolución hasta llegar a las ortofotografías más recientes. Además, realizaremos un análisis a través de los Modelos Digitales de Terreno (*MDT*), con los cuales buscaremos los restos del trazado original dejado por el cauce antiguo del río. Por último, plantearemos una propuesta para nuestro caso de estudio recurriendo al vuelo de drones para generar una ortofotografía de mayor calidad.

Palabras clave: Guadalete, *S.I.G*, Paleocauce, *M.D.T*, Drones.

Abstract:

In the following essay we will reconstruct the course of the section known as "Madre Vieja" of the Guadalete River through the use of Geographic Information Systems (*G.I.S*). To do this, we wanted to start georeferencing the historical cartography where the elder channel of this river is appreciated, making a brief review of its evolution until arriving at the most recent orthophoto. In addition, we will carry out an analysis through the Digital Terrain Models (*D.T.M.*), with which we will look for the remains of the original layout left by the old channel of the river. Finally, we will propose an approach for our case of study using the drones flight to generate a higher quality orthophoto.

Key words: Guadalete, *G.I.S*, Ancient Channel, *D.T.M*, Drones.

2. Introducción.

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica, han abierto las puertas a nuevas investigaciones acerca del paisaje y su evolución a través de la historia. A su vez, la utilización de los drones otorga numerosas ventajas a la hora del estudio del paisaje, como puedan ser la realización de fotografía de precisión ya georreferenciada de una zona muy concreta y la posibilidad de analizar e interpretar los resultados generando modelos digitales de terreno de mayor precisión que los obtenidos a través de los planes de vuelo nacionales o regionales.

A su vez, las nuevas corrientes de investigación histórica recogen las tendencias de otras disciplinas, como la ecología. El concepto *Riparia*, (Hermon, 2015) aporta una visión holística del paisaje, esto es una visión que se engloba dentro de tres ámbitos: el medio natural, la acción antrópica y la percepción del paisaje a través de la representación cultural. Con este conjunto, se pretende reflexionar sobre la problemática histórica y ambiental que tienen los espacios naturales (Martín Gutiérrez, 2017) como, por ejemplo, nuestro caso de estudio.

Para este trabajo final del título de Experto Universitario en Vehículos Aéreos no Tripulados y sus Aplicaciones Civiles he querido centrarme en un caso de estudio que se concentra en una parte del actual curso del río Guadalete, dicha zona de estudio se encuentra situada en el marco de la franja conocida como *Calle Larga* y sus alrededores.

El curso del bajo Guadalete, el más cercano a su desembocadura por el Puerto de Santa María, ha sido modificado a lo largo de varias etapas de su historia. En la actualidad tenemos constancia de que dicha desembocadura ha resultado ser artificial, realizada por la ingeniería romana (López y Pérez, 2013), unas obras que dotaron a la ciudad de El Puerto de Santa María con un enclave determinante para la unión entre Cádiz y el interior de la bahía.

Durante la segunda mitad del siglo XVII y parte del XVIII se iniciaron en el tramo del Guadalete conocido como *Madre Vieja* o *Albadalejo* una serie de modificaciones que han perdurado hasta la actualidad.

La primera de ellas en 1648, documentada en un folleto dirigido al Consejo Supremo de Castilla a petición del gobernador de Jerez, Don Francisco Dávila, donde se justificaba

la creación de un canal que unió el Guadalete con el *Saladillo* o río San Pedro, aislando a la ciudad de El Puerto de Santa María que en ese momento sufría una epidemia de peste.

La segunda obra se llevó a cabo en 1700, por la que la ciudad de El Puerto crearía el *Caño del Molino*, cuya intención fue la de aportar un flujo mayor de agua al cauce natural de la Madre Vieja, limpiándolo del aporte sedimentario y además acortando su curso por los tornos de *La Victoria* y *La Esparraguera*.

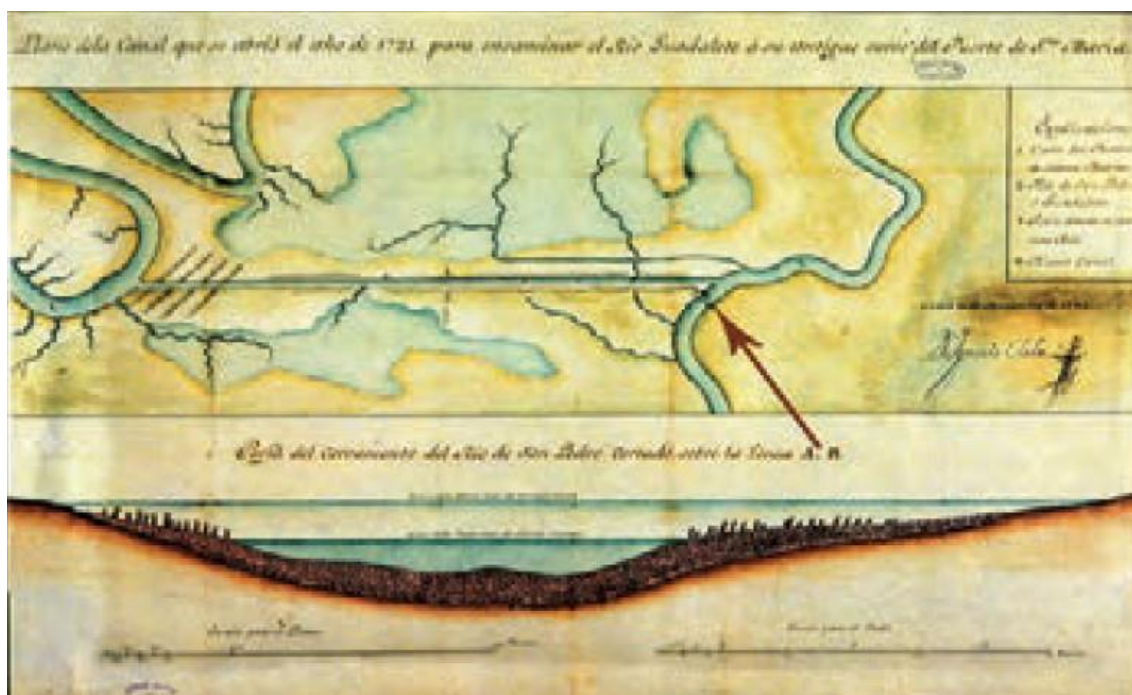


Ilustración 1: Obras del Guadalete (López y Pérez, 2013)

Finalmente, en 1721, se pondrá final al litigio entre las ciudades de Jerez y El Puerto cerrando el curso del Río San Pedro, quedando hasta la actualidad como un brazo de mar susceptible a la subida y la bajada de la marea y creando un tramo artificial conocido como *Calle Larga*, acortando nuevamente el curso fluvial del Guadalete y cegando el tramo original, la Madre Vieja.

Este último tramo es el que delimita nuestro marco de estudio. Para llevarlo a cabo, no solo nos hemos apoyado en los datos aportados por la historiografía; hemos querido dar un paso más y hemos aplicado las últimas tendencias en el estudio del paisaje histórico: la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica y el análisis del paisaje antrópico a través de la generación de Modelos Digitales de Terreno.

3. Objetivos.

Para la realización de este trabajo, expondremos una serie de objetivos.

- Revisión de la documentación histórica y las investigaciones que tratan nuestro tema.
- Delimitar geográfica y espacialmente nuestro caso de estudio valiéndonos de las nuevas herramientas de análisis del paisaje histórico.
- Georreferenciar la cartografía histórica del entorno del cauce del bajo Guadalete; centrándonos en la cartografía próxima a las obras de reconducción del cauce del río.
- Comparar los resultados de la georreferenciación cartográfica con la evolución del cauce reflejada en varios de los vuelos realizados para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.
- A través de los datos LIDAR, generar un Modelo Digital del Terreno con filtro de sombras (*Hillshade*) y someterlo a diferentes simulaciones de altitud de luz solar.
- Analizar los resultados obtenidos en las diferentes simulaciones y señalar las diferencias si las hubiera.
- Plantear las ventajas de la realización de uno o varios vuelos fotogramétricos en la zona de estudio con la ayuda de drones.
- Discutir los beneficios e inconvenientes a la hora de realizar investigaciones históricas con los nuevos métodos de análisis del paisaje.

4. Antecedentes del tema.

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica, unido al análisis de los datos fotogramétricos aéreos están a la vanguardia en el ámbito de las investigaciones históricas, tanto nacionales como internacionales.

Las herramientas que nos otorgan los *S.I.G* permiten los análisis y las búsquedas de patrones de continuidad y de modificación de las transformaciones del paisaje a través de la actividad antrópica, (Casarotto, Pelgrom, y Stek, 2017), (Lagóstena, 2016).

Por otra parte, la utilización de la fotografía aérea por satélite y mediante el vuelo de drones está adquiriendo una mayor presencia gracias a los análisis generados a partir de la ortofotografía y los datos LIDAR (*light detection and ranging*), una técnica de

teledetección óptica que utiliza el haz de luz de un láser para la obtención de una muestra densa de la superficie de la tierra, produciendo mediciones de coordenadas exactas.

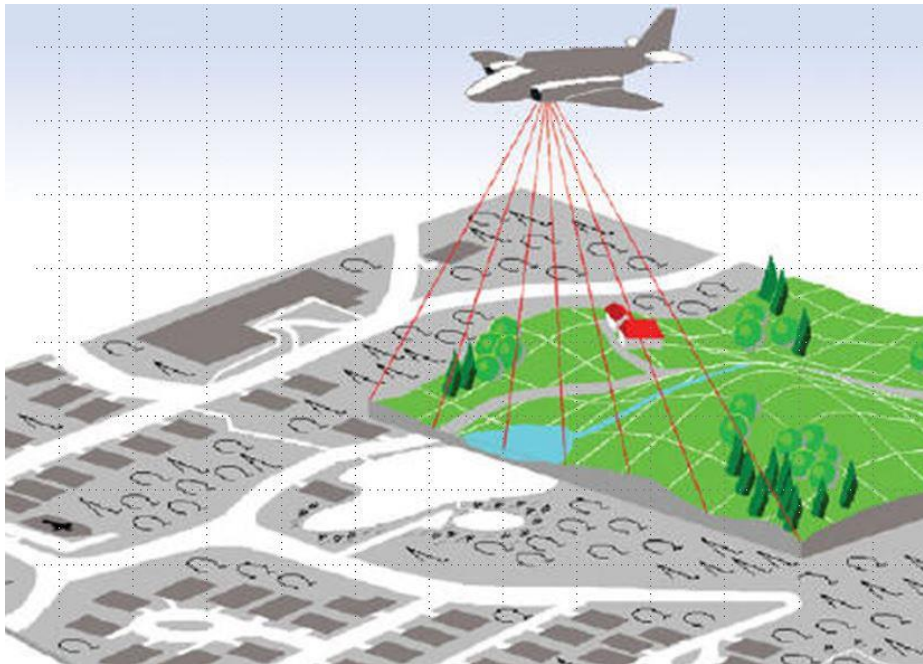


Ilustración 2: Funcionamiento del sensor LIDAR aerotransportado.

Los datos recogidos por el LIDAR se organizan mediante un postproceso, creándose una nube de puntos en 3D. Estos datos han propiciado un gran avance a la hora de interpretar el paisaje, posibilitando la detección y el análisis de elementos naturales como paleoestuarios (Brogiolo, Sarabia-Bautista, 2017), (Grammer, Draganits, Gretscher, 2010), así como artificiales: antiguas explotaciones mineras (Fernández y Gutiérrez, 2016), estructuras (Monterroso, 2017), enterramientos tumulares (Cerrillo, 2017), canales artificiales, líneas de cultivo (Poirier, Opitz, Nuninger, y Oštir, 2013), etc.

5. Materiales y métodos utilizados.

Para llevar a cabo nuestro trabajo, hemos contado con un conjunto de materiales cartográficos. Estos elementos se han agrupado en los siguientes bloques: el primer bloque correspondería al material cartográfico histórico, documentación geográfica antigua, ortofotografías aéreas realizadas en diferentes años.

El segundo bloque se resume en los datos del sensor LIDAR y la generación de modelos digitales de terreno (*MDT*); el último hace mención al software utilizado, en nuestro caso, hemos decidido utilizar software en abierto y gratuito, Quantum GIS o abreviado, *QGIS*.

En la actualidad, tenemos a nuestra disposición varias páginas web a las que podemos acceder a numerosos datos cartográficos. En el caso concreto de nuestro tema de investigación, hemos tenido acceso a la plataforma de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (*CNIG*) <http://centrodedescargas.cnig.es>, donde hemos podido recabar la mayor parte de nuestra información.

No obstante, existen otras plataformas de ámbito regional, accesibles al público y que no se quedan atrás con respecto a las de categoría nacional, como puedan ser la página de descargar de Ortofotografías y datos del territorio de *REDIAM* (Red de Información Ambiental de Andalucía) <http://ws041.juntadeandalucia.es/medioambiente/dlidar/index.action>; o la Cartoteca Digital del *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya* <http://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Descarga/Mapas-antiguos-Cartoteca-Digital>.

Pese a la gran cantidad de documentación histórica, hemos optado por la georreferenciación de los siguientes mapas:

Plano perteneciente al Servicio Cartográfico del ejército de 1750, realizado por Antonio Rodolfo: En este mapa podemos apreciar las desembocaduras del Guadalete y del río San Pedro, así como sus respectivos cauces. Además, se aprecian las obras del canal artificial, la *Calle Larga*, por la cual se unen ambos ríos.

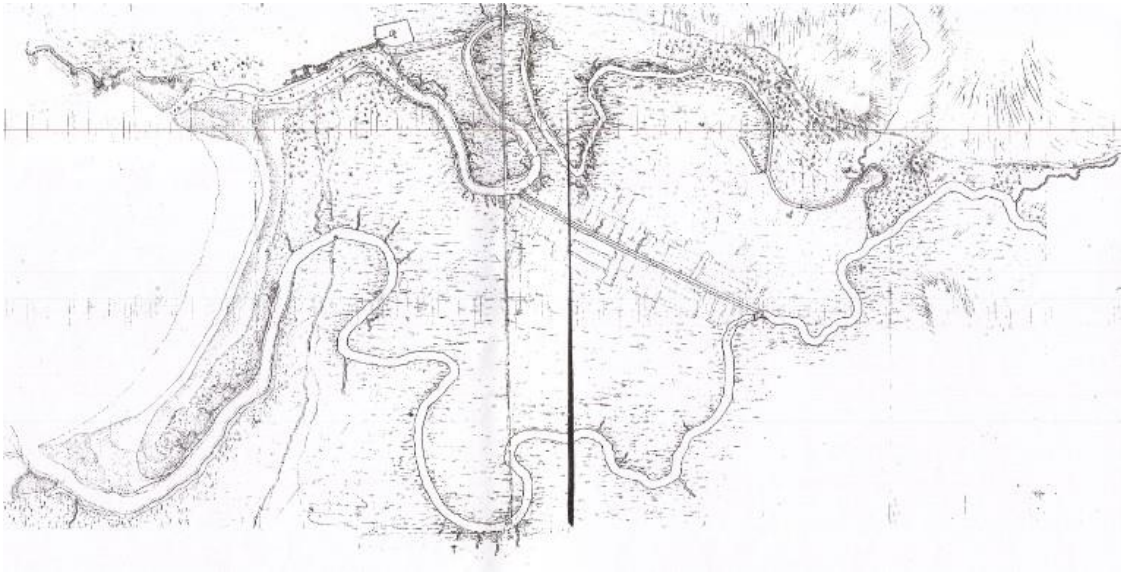


Ilustración 3: Plano perteneciente al Servicio Cartográfico del ejército de 1750.

El segundo de los mapas corresponde a la carta náutica de José Barnola: *Plano general que muestra el estado actual de la bahía, puerto de Cádiz y sus contornos*, realizado en 1743, a escala 1:22507.

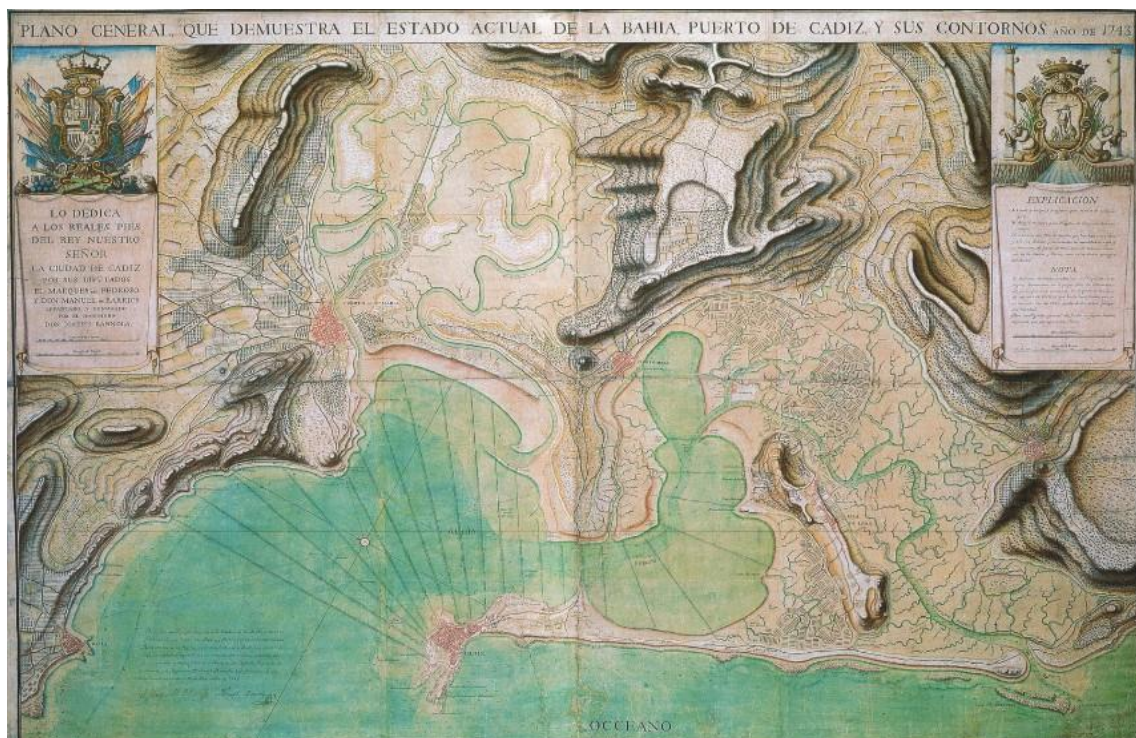


Ilustración 4: José Barnola: Plano general que muestra el estado actual de la bahía, puerto de Cádiz y sus contornos, realizado en 1743.

Otros de los datos a los que hemos tenido acceso son las planimetrías topográficas del Instituto Geográfico y Estadístico, correspondiente a los años 1873 y 1905, ambos ya georreferenciados por el CNIG. En ellos encontramos los primeros datos de mediciones topográficas a lo largo del nuevo cauce del Guadalete, dejando constancia también del paleocauce, ya en desuso.

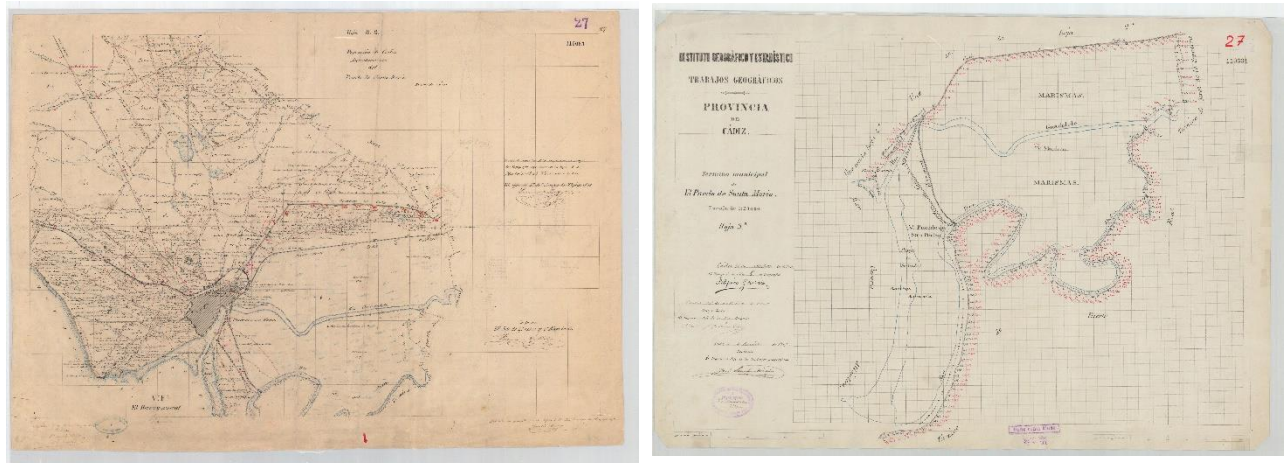


Ilustración 5: Planimetrías topográficas del Instituto Geográfico y Estadístico.

Por último, nos hemos apoyado en el uso de la ortofoto aérea realizada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PENOA). Entre los diferentes vuelos disponibles, hemos elegido el *Vuelo americano Serie B*, y el último de los vuelos, correspondiente al año 2017.

El Vuelo americano fue realizado por el Army Map Service de EEUU entre enero de 1956 y noviembre de 1957, el cual cubre la totalidad de la España Peninsular y las Islas Baleares a una escala de 1:32.0000, en blanco y negro; el tamaño del pixel varía en entre 0,50 m y 1 m (CNIG, 2018).

Por otra parte, los mosaicos del PNOA máxima actualidad son fotografías divididas en mosaicos, los cuales están a una escala correspondiente a las hojas del MTN50 (Mapa Topográfico Nacional) a escala 1:50000.

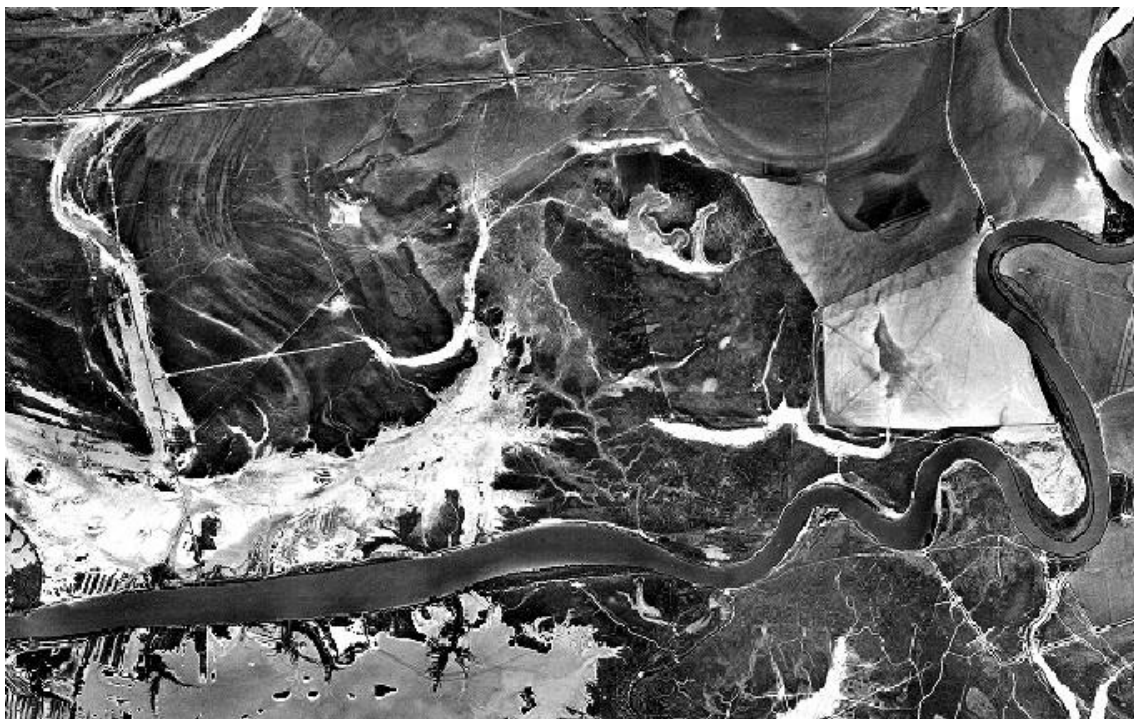


Ilustración 6: Vuelo Americano de 1956, Serie B.



Ilustración 7: Ortofoto PNOA máxima actualidad.

El segundo bloque corresponde al trabajo a partir de la obtención de los datos del sensor LIDAR aéreo aplicado por los servicios de cartografía nacionales y la generación de los modelos digitales de terreno. Describimos estos datos como ficheros digitales con información altimétrica en nubes de puntos con información en color real (RGB) así como en infrarrojos. Dependiendo de la zona, tendrán una extensión de 2x2 o 1x1 kilómetros, con una densidad de 0.5 puntos por metro cuadrado.

Por su parte, el Modelo Digital de Terreno es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma comprensible una porción de la realidad empírica. El modelo reproduce solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda representado por otro sistema de menor complejidad.

Este proceso se puede llevar a cabo de muchas maneras. Los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real. La existencia de la relación entre el modelo y la realidad permite que un resultado relativo al modelo pueda traducirse en otro relativo al objeto real y permitir que las respuestas derivadas del modelo sean aplicables a la realidad sin perder sentido. Dado que el modelo representa la realidad con una cantidad menor de información, existe un error inherente al proceso de modelización que puede ser reducido, pero no eliminado.

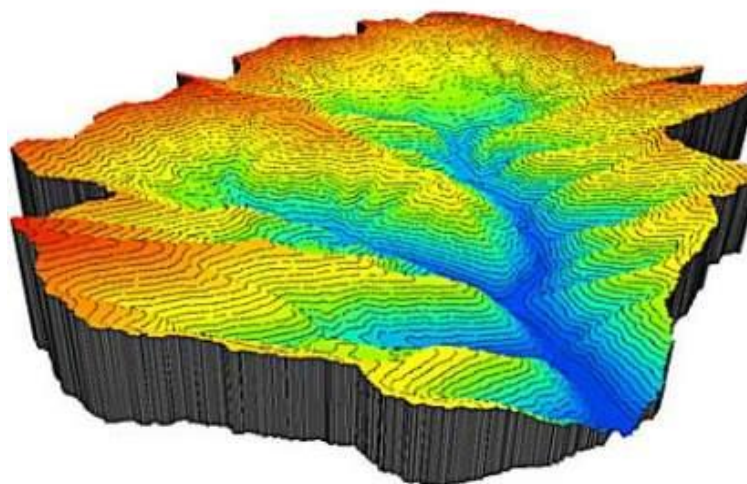


Ilustración 8: Ejemplo de Modelo Digital de Terreno.

En cuanto al software utilizado, hemos querido apostar por el Quantum Gis o *QGIS*, software en abierto, con el que la comunidad universitaria se encuentra realizando trabajos de diversa índole. *QGIS* permite manejar formatos raster y modelos vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos. Algunas de sus características son: soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS, manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Maoinfo, GRASS GISS, así como soporte para archivos raster TIFF, GeoTIFF, JPG, etc.

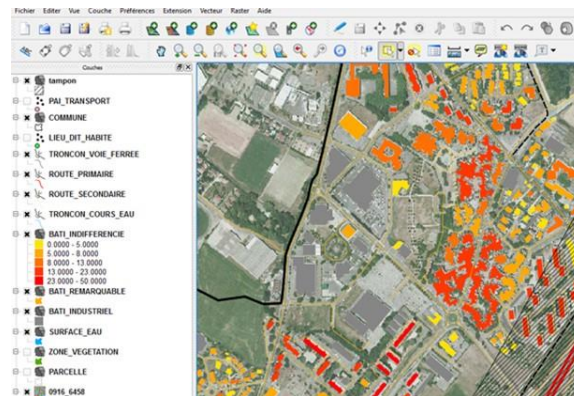


Ilustración 9: Interfaz de QGIS.

6. Resultados.

Empezaremos hablando sobre los resultados obtenidos a través de la georreferenciación de la cartografía histórica. Para llevarla a cabo, hemos utilizado la herramienta *Georreferenciador* del Quantum gis; la georreferenciación de mapas trae consigo un avance a la hora de la interpretación de mapas históricos, ayudándonos de la ortofotografía ya georreferenciada podemos crear una representación aproximada de la disposición geográfica ; no obstante, esto no debería ser tomado como prueba contrastada, ya que en esencia, un mapa no deja de ser una representación de una realidad, en nuestro caso, una zona geográfica.



Ilustración 10: Georreferenciación de los mapas elegidos.

Tras la georreferenciación de los mapas, nos dispusimos a realizar el contorno del curso del Guadalete, así como del San Pedro. El shape nos generó información interesante acerca de la situación de ambos cauces:

- El cauce antiguo del Guadalete tendría una longitud aproximada de 23 kilómetros, ocupando un área de 2,7 kilómetros por metro cuadrado.
- Por si parte, el curso del Río San Pedro tendría una longitud de 20,6 kilómetros hasta su cierre, efectuado entre 1721 y 1722; tendría un área de 4 kilómetros cuadrados aproximadamente.

Se aprecian diferencias entre el cauce georreferenciado y su evolución a través de los vestigios recogidos en las ortofotografías del vuelo de 1956 y del PENOA más reciente.

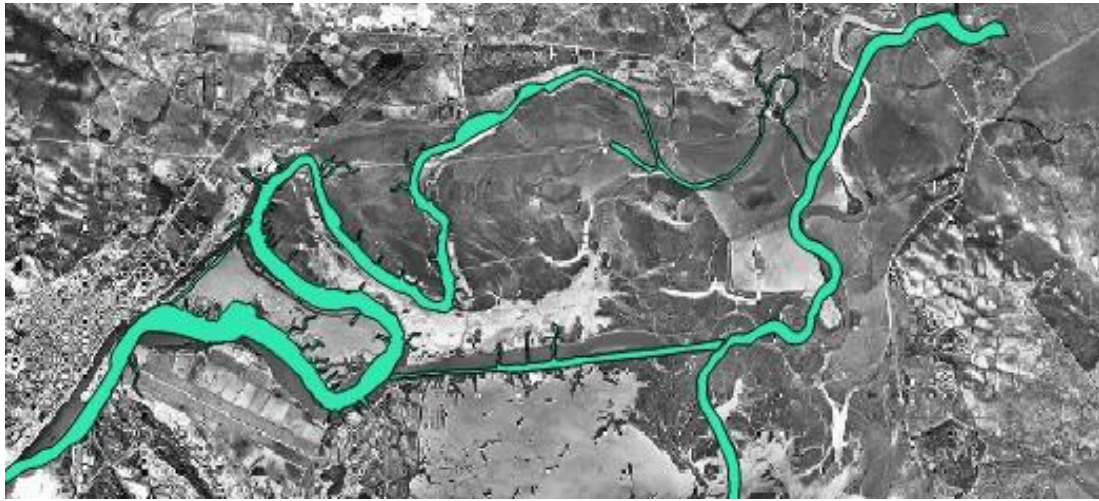


Ilustración 11: Shape generado a través de la cartografía en el Vuelo Americano.



Ilustración 12: Shape generado a través de la cartografía en el PNOA.

El segundo apartado a tratar dentro de los resultados son los generados a partir de los modelos digitales de terreno. A través de la conversión de las nubes de puntos del sensor LIDAR, recordemos que se obtienen a través de la plataforma de descargas del CNIG, hemos obtenido una serie de imágenes en formato *geotiff*.

A través de ellos, hemos podido generar un mapa de sombras a los cuales les hemos ido cambiando factores de azimut t altitud, para ayudarnos, hemos recurrido a la página web *Sun Calc* <http://suncalc.net>, la cual conocíamos gracias a una de las prácticas realizadas durante el curso.



Ilustración 13: Aplicación de Sun Calc sobre la zona de estudio.

En cuanto a estos dos factores anteriormente citados: El factor Azimut mide la dirección angular del Sol. Podrá presentar valores desde los 0° a los 360°. Es el equivalente a indicar la situación del Sol respecto a los puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste. De ahí que adopte valores de una circunferencia completa hasta los 360°. Su valor determinará la entrada de luz en nuestro Hillshade asignando brillos y sombras a las orientaciones específicas del territorio.

Mientras que la Altitud corresponde al ángulo de inclinación del Sol respecto al horizonte. Por tanto, podrá adquirir, un valor de 90° situándose en la zona más alta del cielo o 0° situándose a la altura del horizonte. Este parámetro permitirá extender las sombras cuanto más bajo sea, o reducirlas cuanto más elevado sea.

Hemos querido hacer tres simulaciones, una al amanecer, otra al medio día y otra al atardecer; en ellas podemos apreciar como con la ayuda de la orientación de la luz solar aparecen diferencias en el terreno:

- El primer ejemplo corresponde a un *Hillshade* realizado al amanecer. Los valores utilizados son los siguientes: Azimut 47,6. Altitud 103, 3°.

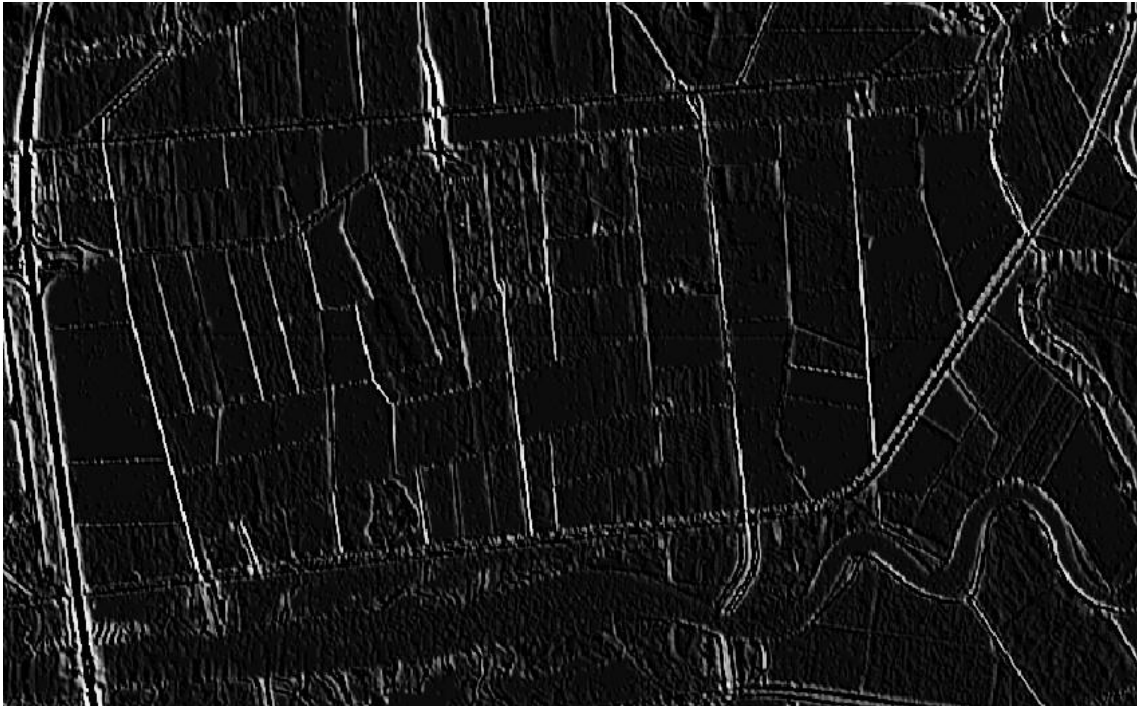


Ilustración 14: MDT de simulación al amanecer.

- El segundo, de un tono más claro corresponde al mapa de sombras con la simulación hecha al medio día: Azimut 51,5. Altitud 108, 2 °.



Ilustración 15: MDT de simulación al medio día.

- El último, se realizó hacia el ocaso. Azimut 42,9. Altitud 270,7 °.

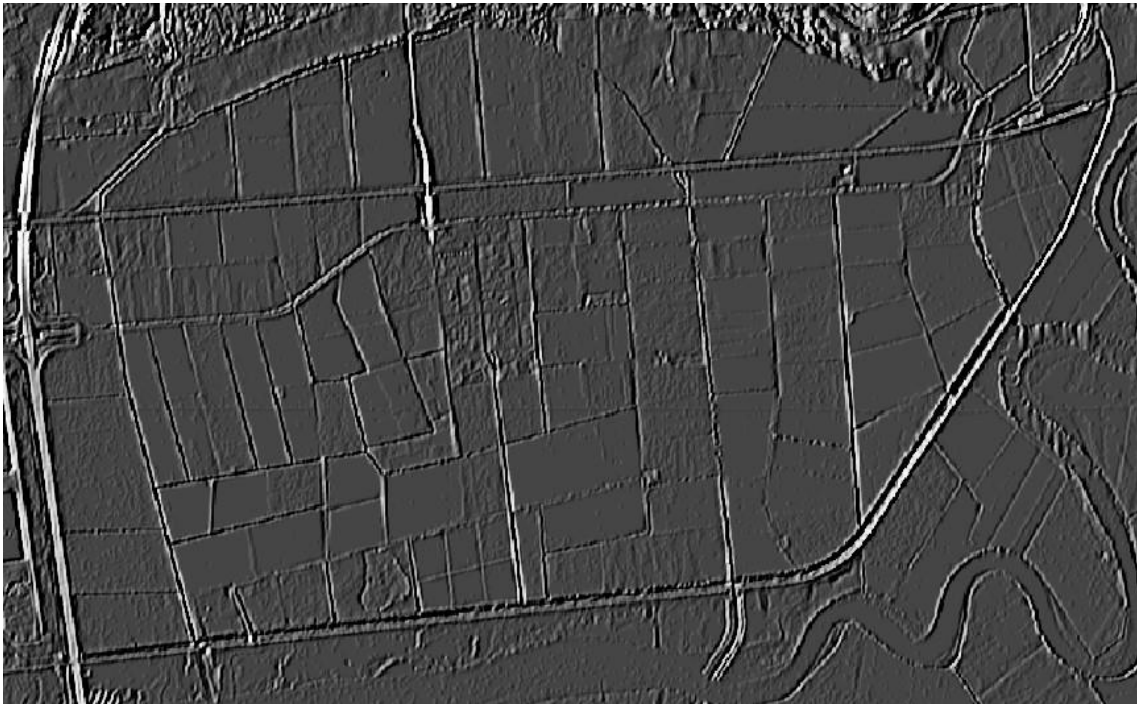


Ilustración 16: MDT de simulación al atardecer.

7. Discusión y análisis.

A raíz de los datos obtenidos sacamos en claro algunas ideas. La primera de ellas corresponde a la utilización del software *QGIS*. El software libre abre un abanico de posibilidades gracias al trabajo de los usuarios, los cuales se dedican a desarrollar nuevos complementos, añadidos o *plugins* que facilitan muchísimo la utilización del programa; sin embargo, hay que reconocer que hemos tenido algunos contratiempos a la hora de realizar algunas de las actividades.

La herramienta *Georreferenciador* resulta de gran utilidad a la hora de querer plasmar un mapa histórico dentro de un entorno georreferenciado, pero a la hora de la verdad, por muchos puntos de control que se indiquen, acabamos deformando la imagen, con el resultado de que en muchas de las ubicaciones aparece mal colocado. Este problema no se suele dar tanto a la hora de realizar el mismo trabajo en otro software, eso sí, con una licencia de pago inalcanzable para muchos.

Otro de los temas que me han surgido a la hora de trabajar con los datos es que la combinación de mapas históricos con las ortofotografías pueden ser un arma de doble filo. Como historiadores, debemos de actuar siempre bajo el amparo de la interpretación, con esto quiero hacer hincapié en que no podemos establecer como dogma el resultado obtenido de una georreferenciación, por muy exacta que a simple vista nos parezca.

A lo largo de la evolución del paisaje, muchos cambios no han sido susceptibles de haber sido plasmados por los cartógrafos de la antigüedad; en ocasiones, lejos de desprestigiarlos, los datos recogidos no son del todo fidedignos, por lo que la búsqueda de una georreferenciación perfecta es casi imposible.

En cuanto al tratamiento de los resultados obtenidos a través del LIDAR, hemos echado en falta en el software utilizado, un procedimiento mucho más amigable a la hora de procesar dichos datos. En ocasiones se hace cuesta arriba ya que la transformación de tanto volumen de datos acaba desembocando en el cierre inesperado o en varios *cuelgues* del sistema.

Sin embargo, no todo es negativo, la creación de los Modelos Digitales de Terreno son una de las herramientas más interesantes con las que he trabajado. Gracias a ellas se aprecian diferenciaciones en el terreno que, a simple vista en la ortofoto, no seríamos capaces de apreciar.

Para un futuro próximo, compaginándolo con el tema de mi tesis doctoral la cual utiliza una metodología similar, me gustaría realizar la propuesta de elaborar una serie de vuelos con drones en algunas de las zonas más sensibles al impacto antrópico y al cambio natural del paisaje de la bahía. Es verdad que los datos ofrecidos por el Instituto Geográfico Nacional cada año son mejores, pero no podemos obviar el hecho de que la utilización de drones en zonas muy concretas de estudio genera una mayor definición de ortofotos y de modelos digitales.

En el ejemplo siguiente podemos verlo con claridad:



Ilustración 17: Detalle del PNOA máxima actualidad.



Ilustración 18: Detalle de vuelo hecho mediante dron; misma zona que la ilustración anterior.

8. Conclusiones.

Durante los últimos años, se han estado realizando numerosos avances en el área del conocimiento científico. En nuestro caso, las ciencias sociales, más concretamente la historia y la arqueología, han sido testigos de la consolidación de los Sistemas de Información Geográfica y la utilización de drones; los cuales han abierto un amplio abanico dentro del estudio del patrimonio histórico y paisajístico de nuestra bahía.

Nuestra tarea como investigadores consistirá en la inclusión de estas nuevas herramientas y de colocarlas en nuestro *cajón metodológico*. Aunque estas nuevas aportaciones tecnológicas nos han brindado un amplio catálogo de investigación y análisis, no debemos olvidar que es la compenetración entre las diferentes disciplinas y técnicas las que enriquecen el producto final del investigador.

Resulta de lo más interesante ser testigo presencial de cómo algunas herramientas, hablamos en este caso de los drones, han ido transformando nuestro modo de ver y analizar las cosas. La historia nos ha enseñado que las sociedades han ido adoptando y adaptando la tecnología en función de sus necesidades e intereses, usándola generalmente en términos no previstos por los creadores.

A través de la realización de este curso de Experto de Drones he ido adquiriendo conciencia de cómo estos “aparatos” están modificando los procedimientos a la hora de realizar trabajos complejos o a la hora de enfrentarse ante un determinado problema. Uno de los ejemplos más claros lo he encontrado en el uso de los dispositivos no tripulados en la agricultura, su utilización a la hora de detectar posibles plagas o enfermedades en los cultivos supone un antes y un después en los métodos de cultivo.

Otro de los ejemplos es la ventaja de su utilización en medidas de salvamento y prevención de incendios. El año pasado fuimos testigos de la gran oleada de incendios, en su mayoría provocados, en las regiones boscosas de Galicia y en las zonas cercanas al Coto de Doñana. La utilización de estos dispositivos ayudará a la pronta detección de focos y servirá también como apoyo a la hora de monitorizar y controlar al componente humano durante su trabajo en la extinción del fuego.

Bibliografía.

- Brogiolo, G.P., Sarabia-Bautista, J. (2017). Land, rivers and marshes: changing landscapes along the adige river and the euganean hills (Padua, Italy). *European Journal of Immunology*, 7, 149–171. <https://doi.org/10.1002/eji.201040726>
- Casarotto, A., Pelgrom, J., Stek, T. D. (2017). A systematic gis-based analysis of settlement developments in the landscape of venusia in the hellenistic-roman period. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s12520-017-0561-y>
- Cerrillo Cuenca, E. (2017). An approach to the automatic surveying of prehistoric barrows through lidar. *Quaternary International*, 435, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.099>
- Discurso demostrable en desengaño de las causas que dieron motivo a abrir la comunicación de el salado al río Guadalete* (folleto folio menor, 7 hojas).
- Fernández Lozano, J., Gutiérrez Alonso, G. (2016). Improving archaeological prospection using localized uavs assisted photogrammetry: an example from the roman gold district of the Eria river valley (nw Spain). *Journal of Archaeological Science: reports*, 5, 509–520. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.01.007>
- Grammer, Draganits, Gretscher, (2010). Lidar-guided archaeological survey of a mediterranean landscape: lessons from the ancient greek polis of Kolophon (Ionia, western Anatolia). *Archaeological Prospection*, 62(december 2009), 61–62. <https://doi.org/10.1002/arp>
- Hermon, E. (2015). L'évolution diachronique des concepts environnementaux des deux rives de L'Atlantique. La construction du concept de *Riparia* comme un patrimoine culturel, *Riparia* 1, 1-20.
- Lagóstena, L. (2016). El Lacus Ligustinus como agente de Articulación Urbana y Conectividad Territorial: de las riberas de Hasta Regia a Carissa Aurelia y el acceso a la serranía. *STVDIA HISTORICA HISTORIA ANTIGUA*, 34, 63–86.

- López, Amador, J. J., Pérez, E. (2013). *El Puerto Gaditano de Balbo. El Puerto de Santa María. Cádiz*. (Tórculo Artes Gráficas SA, Ed.) (Ediciones). El Puerto de santa María.
- Martín Gutiérrez, E. (2017). Paisajes palustres entre la desembocadura del Guadalquivir y el Guadalete durante los siglos XIII al XV. En Malpica Cuello, A. *Zonas Húmedas en Andalucía Medieval. Inicio de un debate*. (pp.9-141), Universidad de Granada, España.
- Monterroso Checa, A. (2017). Remote Sensing and Archaeology From Spanish Lidar-Pnoa: Identifying the Amphitheatre of the Roman City of Torreparedones (Cordoba-Andalucia-Spain). *Mediterranean Archaeology & Archaeometry*, 17(1), 15–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.258079>
- Poirier, N., Opitz, R., Nuninger, L., Oštir, K. (2013). Lidar in Mediterranean agricultural landscapes : reassessing land use in the Mauguio. *Interpreting Archaeological Topography*, 184–196.